

СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация: Данный обзор посвящен анализу современного состояния и перспектив развития технологий экзоскелетов военного назначения. В статье рассматривается эволюция концепций от пассивных систем, перераспределяющих нагрузку, до активных комплексов, усиливающих физические возможности солдата. Подробно исследуются ключевые технологические вызовы, стоящие на пути массового внедрения экзоскелетов, включая проблемы энергопотребления, материаловедения и управления. Особое внимание уделено реальным образцам, разрабатываемым в разных странах мира (США, Китай, Россия), и их интеграции в общевойсковые системы. На основе анализа текущих тенденций и перспективных проектов, таких как TALOS, формулируются возможные пути дальнейшего развития данного класса технологий и их потенциальное влияние на трансформацию роли пехотинца на поле боя.

Abstract: This review is devoted to the analysis of the current state and development prospects of military exoskeleton technologies. The article examines the evolution of concepts from passive systems that redistribute load to active complexes that enhance the physical capabilities of a soldier. Key technological challenges facing the mass adoption of exoskeletons are explored in detail, including issues of energy consumption, materials science and management. Particular attention is paid to real samples developed in different countries of the world (USA, China, Russia), and their integration into combined arms systems. Based on an analysis of current trends and promising projects, such as TALOS, possible ways to

further develop this class of technologies and their potential impact on the transformation of the role of the infantryman on the battlefield are formulated.

Ключевые слова: военный экзоскелет, активный экзоскелет, пассивный экзоскелет, экипировка солдата, ONYX, TALOS, "Штурм 2", повышение боеспособности, технологии для пехоты, энергопотребление экзоскелетов.

Key words: military exoskeleton, active exoskeleton, passive exoskeleton, soldier's equipment, ONYX, TALOS, Sturm 2, increasing combat effectiveness, technologies for infantry, power consumption of exoskeletons.

Введение

Концепция экзоскелета — внешнего каркаса, расширяющего физические возможности человека — веками будоражила умы писателей-фантастов. Однако в XXI веке эти идеи прочно вошли в сферу интересов военных ведомств по всему миру. Интенсификация боевых действий, увеличение массы индивидуальной экипировки солдата, которая в некоторых случаях превышает 50 кг, и потребность в поддержании высокой мобильности и когнитивных функций бойца в условиях длительных missions поставили на повестку дня вопрос о качественном скачке в экипировке.

Военный экзоскелет перестал быть концептом; сегодня это инструмент, нацеленный на решение трех ключевых задач:

- 1) Снижение метаболических затрат при переноске тяжелых грузов и передвижении по сложному рельефу.
- 2) Увеличение силы: Возможность использования более тяжелого вооружения или переноски грузов, неподъемных для обычного человека.
- 3) Расширение функциональности: Интеграция с системами связи, навигации, наблюдения и жизнеобеспечения, превращение солдата в высокомобильную узловую точку сетевого управления.

Эволюция подходов привела к формированию двух четко различимых классов устройств, каждый из которых основан на своей уникальной концепции и находится на разных стадиях технологической готовности.

1. Классификация и современные образцы военных экзоскелетов

Пассивные (механические) экзоскелеты: Концепция перераспределения нагрузки

Пассивные системы являются технологически более зрелыми и близкими к серийному внедрению. Их фундаментальная концепция заключается не в добавлении внешней энергии, а в эффективном перераспределении веса снаряжения от плеч и спины солдата к его ногам и земле. Это достигается за счет системы рычагов, пружин, тросов и демпферов. Такие экзоскелеты не требуют аккумуляторов, обладают высокой надежностью, меньшим весом и стоимостью.

Ярчайший пример пассивного экзоскелета нижних конечностей Lockheed Martin ONYX. ONYS использует интеллектуальную торсионную технологию. Когда солдат делает шаг, пружины и механические связи накапливают энергию, а затем высвобождают ее для помощи при подъеме ноги. Это позволяет значительно снизить метаболические затраты при ходьбе, беге и особенно при подъеме по лестнице с грузом. По данным разработчика, система способна взять на себя до 30-50% веса переносимого груза, что напрямую увеличивает дистанцию и скорость марш-броска, снижает утомляемость [1].



Рис. 1 Экзоскелет ONYX, Lockheed Martin

Экзоскелет SPARC (Soldier Assistive Bionic Loadbearing Exosuit) разрабатывался в рамках программы DARPA "Warrior Web". В отличие от жесткого каркаса ONYX, SPARC представляет собой более легкий и эластичный "костюм", использующий тросы и миниатюрные приводы. Его концепция — "мягкая" помощь основным мышечным группам в определенные фазы движения (например, при разгибании бедра), что делает движение более эффективным. Это направление считается крайне перспективным для создания систем, не стесняющих движения и пригодных для длительного ношения [2].

Активные (электромеханические) экзоскелеты: Концепция силового усиления

Активные экзоскелеты представляют собой следующий технологический уклад. Их концепция основана на добавлении внешней мощности к движениям пользователя. Эти системы оснащены электромоторами, гидравлическими или

пневматическими приводами, датчиками и мощным вычислительным блоком. Они не просто переносят вес, а активно помогают солдату в совершении действий: приседания, подъема грузов, бега по пересеченной местности.

Китай демонстрирует значительный прогресс в данной области. На различных выставках представлены образцы китайских модульных активных экзоскелетов, позволяющие бойцу переносить до 50 кг полезной нагрузки, практически не ощущая ее веса. Ключевой особенностью является модульность: система может доукомплектовываться силовыми модулями для рук, ног или спины в зависимости от задачи (пулеметчик, сапер, медик). Это свидетельствует о гибком подходе к созданию экзоскелетов под конкретные тактические роли [3].

Российский экзоскелет "Штурм 2"

Разработка концерна "Калашников" является одним из флагманских российских проектов в этой сфере. "Штурм 2" — это активный экзоскелет, предназначенный для увеличения силы и выносливости бойца. Он позволяет нести дополнительное вооружение и снаряжение, облегчает длительные переходы и работу в сложных условиях. Важной частью концепции является его интеграция с боевой экипировкой будущего "Ратник". Система находится на стадии испытаний, в ходе которых отрабатываются вопросы надежности, автономности и взаимодействия с солдатом [4].



Рис. 2 Z ШТУРМ-2 - бронекomплект Бр5/6

2. Ключевые технологические вызовы и барьеры на пути внедрения

Несмотря на оптимистичные отчеты разработчиков, массовое появление экзоскелетов в войсках сдерживается рядом фундаментальных проблем.

Проблема энергопотребления.

Активные экзоскелеты — это энергоемкие системы. Современные литий-ионные аккумуляторы, обладающие достаточной емкостью для нескольких часов интенсивной работы, имеют неприемлемо большую массу и объем. Солдат оказывается перед выбором: нести больше батарей или иметь меньшую автономность. Перспективные решения включают разработку легких топливных элементов, портативных дизель-генераторов и систем рекуперативного торможения, преобразующих кинетическую энергию движения обратно в электрическую.

Проблема материалов и веса.

Конструкция должна быть сверхпрочной, чтобы выдерживать экстремальные боевые и эксплуатационные нагрузки, и при этом максимально легкой. Широко используются алюминиевые сплавы, титан и углепластик, но их применение резко удорожает производство. Научный поиск ведется в области новых композитных материалов, наноматериалов и сплавов с памятью формы.

Проблема управления и интерфейса.

Безопасное и эффективное взаимодействие человека и машины — критический вызов. Система должна считывать намерения солдата (интенцию) с помощью датчиков усилия, гироскопов, акселерометров и, в перспективе, сигналов электромиографии (ЭМГ). Любая задержка или ошибка в распознавании движения может привести к потере равновесия, травме или смерти бойца в боевой обстановке. Создание предсказуемого, интуитивного и отказоустойчивого интерфейса — одна из самых сложных инженерных задач.

Интеграция в общевойсковую систему.

Экзоскелет не может быть "вещью в себе". Он должен быть органично встроен в единый комплекс экипировки: иметь стандартизированные точки крепления для бронезащитных элементов, подсумков, систем связи, разведки и поражения. Это требует тесной межведомственной координации и разработки новых стандартов.

3. Перспективы и тренды развития

Анализ текущих программ развития позволяет выделить несколько ключевых трендов на ближайшее десятилетие.

Сетевой солдат ("Internet of Battlefield Things - IoBT")

Экзоскелет будущего станет платформой для размещения многочисленных датчиков: отслеживания состояния здоровья (пульс, гидратация, уровень стресса), местоположения, химической и радиационной

обстановки. Эти данные в реальном времени будут передаваться в тактическое звено, обеспечивая беспрецедентный уровень ситуационной осведомленности.

Медико-реабилитационные функции

Помимо мониторинга, экзоскелет сможет оказывать первую помощь: накладывать жгут, вводить обезболивающие препараты через интегрированную систему, а также стабилизировать тело раненого бойца для безопасной эвакуации. В мирное время такие системы могут использоваться для реабилитации военнослужащих после травм.

Проекты полного оснащения ("Exo-Suit")

Амбициозной целью является создание не просто экзоскелета, а полноценного боевого костюма. Эталонным примером служила американская программа TALOS (Tactical Assault Light Operator Suit), которая, несмотря на технические сложности и официальное закрытие, дала мощный импульс смежным технологиям. Концепция TALOS включала в себя экзоскелет, систему активного охлаждения, встроенную броню с жидкими метастабильными материалами, системы жизнеобеспечения и отображения информации на забрале шлема [5]. Работы в этом направлении продолжаются в менее глобальном, но более практичном формате.

5. Заключение

Технологии военных экзоскелетов переживают критически важный этап своего развития. Пассивные системы, доказавшие свою оперативную эффективность, уже находятся на пороге ограниченного внедрения в специализированные подразделения. Активные экзоскелеты, обещающие качественно новый уровень усиления солдата, все еще остаются в основном объектами испытаний и опытными образцами.

Ключом к их окончательному прорыву станут не столько успехи в робототехнике, сколько достижения в смежных областях — в создании новых источников энергии и принципиально новых легких материалов. Уже сегодня очевидно, что экзоскелет — это не просто "костыль" для переноски грузов, а потенциально центральный элемент экипировки бойца будущего, способный кардинально изменить тактику действий пехоты, повысив ее живучесть, мобильность и боевую эффективность. Гонка технологий экзоскелетов стала неотъемлемой частью современной геополитической конкуренции.

Список литературы

1. Lockheed Martin. ONYX® Exoskeleton. Официальный сайт. URL: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/onyx.html>
2. DARPA. Warrior Web Program. Официальный сайт Управления перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США. URL: <https://www.darpa.mil/program/warrior-web>
3. Mizokami, K. China's Military Is Betting Big on Exoskeletons. Popular Mechanics, 2020. URL: <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a34816404/china-military-exoskeletons/>
4. ТАСС. *"Калашников" представил новейший экзоскелет "Штурм-2" на форуме "Армия-2021"*. 2021. URL: <https://tass.ru/armiya-i-opk/11803035>
5. Sofrep. Whatever Happened to the TALOS Exosuit?. 2021. URL: <https://sofrep.com/specialoperations/whatever-happened-to-the-talos-exosuit/>